

## 第一章 疫学の基礎

### 放射線と疫学

放射線は宇宙の開闢かいびやく以来この世に存在しており、現在もわれわれは宇宙と地球の内部から間断なく自然の放射線を浴びていることはご存知のとおりです（放射線の定義は13頁参照）。

この放射線の存在に人類が気付くのは、ドイツの物理学者レントゲン（W.C. Röntgen）による一八九五（明治二八）年のX線発見に始まります。これを契機に、X線を含めた各種の放射線や放射能（放射性物質）の研究が急速に進展し、これがやがて原子力の開発をもたらすこととなります。そして、今日までの一〇〇年余にわたる経過のなかで、過剰の放射線ばく露による健康障害の問題が出てきたわけです。

しかし、この問題が一拳に世界の注目を浴びることになったのは、いうまでもなく一九四五（昭和二〇）年八月、広島と長崎に投下された原子爆弾（原爆）による被爆者の方々の経験からです。それまでは、過剰の放射線ばく露といっても、放射線作業従事者や医療目的で放射線の診

断や治療を受けた人たちに限られていたものが、原爆被爆者の場合は老若男女を問わず多数の方々が大量の放射線を一度に浴びるといふ人類最初の経験をしたからです。

今日、われわれが持っている放射線の健康影響に関する知識の大部分は、原爆被爆者の方々の調査から得られたものといつても過言ではありませんが、被爆者の健康影響調査で中心的役割を果たしたのが疫学調査、つまり疫学の方法論に基づいた調査です。この調査は、一九四七（昭和二二）年と翌四八（昭和二三）年に米国がそれぞれ広島と長崎に設立した原爆傷害調査委員会（Atomic Bomb Casualty Commission：ABCOC）と、一九七五（昭和五〇）年よりこれを引き継いだ日米合同の放射線影響研究所（放影研）によって現在も継続されており、このように約半世紀にもわたって疫学調査を継続している例は世界でも皆無といつてよいから、広島と長崎は「疫学のメッカ」と呼ばれているくらいです。

第一章では、疫学とはどんな学問で、どんな方法で調査をするのかを解説するとともに、放射線の健康影響評価になぜ疫学が必要かについて述べてみたいと思います。

## 疫学とは何か

筆者の手許にある岩波書店の国語辞典によると、疫学は「伝染病の流行動態を研究する医学の

## 第一章 疫学の基礎

一分科。また広く、集団中に頻発する疾病の発生を、生活環境との関係から考察する学問」と説明されています。疫学の定義は、専門書によるといろいろな表現で述べられていますが、先の説明はそれらをうまくまとめ、簡にして要を得たものといえることができそうです。

日本語の疫学は、もともと横文字の epidemiology (epidemic「伝染病の流行」を研究する学問の意)を訳したもので、「疫」は「はやりやまい」、つまり今でいう「伝染病の流行」を意味しています。この点、前述した説明の前段は、本来の疫学の目的を正しく伝えたものといえます。

かつて人類最大の脅威とされたのが伝染病の流行であり、さればこそ疫学なる学問も生まれたわけですが、その後伝染病が消退するとともに、代わって循環器疾患やがんなどに代表される非伝染病、あるいは今日いうところの生活習慣病などが頻発するようになりました。しかし、疫学が伝染病流行の研究を通じて鍛えてきた集団観察の技術は、そのまま非伝染病の多発原因究明にも応用されて成果をあげてきたことから、前述の説明の後段のように疫学の対象が拡大されることになったのです。

今日の疫学は、疾病を始めとしたあらゆる健康問題を研究の対象としており、その特徴をキーワード (key word) で表現すれば、**人間集団 (特定の個人ではなく、一定の集団全員を対象とする)、疾病異常の把握 (集団中に生起する疾病や健康異常を把握する)、要因の検討 (環境**

条件をはじめ、疾病異常の発生に関連する諸要因を検討する）、医学の一分科（健康問題を取り扱う以上、医学知識は必須）の四語ということになりましょう。要するに、疫学の最終目標は、集団中における疾病異常の発生原因を明らかにして、それを予防することにあるといえます。

疫学の研究対象がこのように拡大されたのに、いつまでも伝染病の研究を意味する「疫」学ではおかしいという議論が一時あったことは事実です。欧米でも同じような議論がありました。epidemiology の「epidemic」は語源的に「upon the people」（人々に共通するもの）の意で「疫」のように病々的な感じがないためか、研究対象の拡大にあまり抵抗なく epidemiology がそのまま用いられています。

ちなみに、日本医学会が一九四三（昭和一八）年に選定した用語では、epidemiology に対応する日本語として、「疫学」と「流行病学」の二つをあげていますが、日本で定着しているのが前者で、中国語では後者が使われています。

#### 疫学の方法

疫学が定番となるのは、ある集団のなかで健康問題がどの程度発生し、その発生原因が何かを知りたい場合です。そのための調査を疫学調査と呼んでいます。その原形は伝染病が多発した

## 第一章 疫学の基礎

場合の流行調査（応急調査ともいう）です。ただし、流行調査の場合は、伝染病の多発ということと緊急な対応が求められるため、調査を迅速に行う必要があります。以下、一般的な疫学調査の手順とやり方を述べることにします。

### 実態の把握（記述疫学的方法）

疫学調査というと難しく聞こえますが、その第一段階は、調査対象とする集団（例えば、地域住民、職域集団、特定グループなど）のなかにおける健康問題の実態を把握することです。これを記述疫学的方法ともいいますが、それにはその集団全員を分母とし、集団内に生起する疾病や健康異常を調べて分子とします。つまり、分母と分子の両方が揃えば、それより発生率などを計算することにより、その集団における健康問題の実態を、他の集団の場合と比較可能な指標として知ることができるわけです。

要するに、疫学調査の第一段階で重要なことは、分母となる集団を明確にしておくことです。この場合、望ましいのは、分子となる疾病や異常を発生する可能性がある対象を分母とすることです。このような分母集団をリスク人口（population at risk）とか、ばく露人口（exposed population）と呼んでいます。例えば、子宮がんについて調査する場合、リスク人口は当然女性の集団に限られるでしょうし、放射線の健康影響を知るのが目的なら、調査対象は放射線へのば

く露人口ということになります。

分子となる疾病や異常を把握するにもいくつかのルールがあります。詳しいことは省略しますが、疾病や異常の定義と診断基準をあらかじめ統一しておくことや、調査の時間的關係、つまり疾病異常がある調査時点にどれだけ存在しているのかを調べる（断面調査という）のか、一定の時間内にどれだけ新しく発生したかを調べる（過去にさかのぼる場合は後向き調査、将来に向かつて追跡する場合は前向き調査という）のか、といったことなどを明確にしておく必要があります。この時間的關係からは、ある調査時点の状態を示す指標を有病率、一定時間内の新発生なら発生率（死亡率、罹患率など）といった用語が使われます。

いずれにしても、疫学調査という以上は分母集団が明確なことが必須条件で、逆にいえばこの分母がなかったり、はつきりしない調査は疫学調査とは呼びません。例えば、一九八六年四月に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故では、多数の作業員や周辺住民の人たちが放射線に被ばくして、奇形やがんなどの健康被害が出たとの報告がありましたが、その多くは分母のない分子のみの数字で、放射線との關係を評価できず困ったものでした。

#### 関連要因の検討（分析疫学的方法）

集団中における疾病異常の実態が明らかとなれば、次の段階はその発生原因を調べることにな

## 第一章 疫学の基礎

ります。伝染病の場合は病原体という単一の病因が発見されており、病原体がなければそれによる病気（感染症）が発生しないことは確かですが、一方、病原体があっても病気が発生するとは限らないことも判明してきました。

つまり、伝染病の発生には病原体という病因だけでなく、個体の側（宿主<sup>しゅくしゅ</sup>という）の条件や環境の側の条件も必要ということで、このように病気の原因を病因、宿主、環境の三者の総合に求める考え方を多要因原因説と呼んでいます。いまの疫学はこの考え方に基づいて研究対象を拡大してきたわけで、病原体のような病因が存在しなかったり、わからない非伝染病などの場合でも、宿主と環境の条件を明らかにすることによって、病気の予防に役立つていいます。

疾病異常の発生に関連する要因は、前述した実態把握の段階でも、分母集団を要因別（例えば、男女別、年齢別、喫煙状況別、放射線被ばくの有無別など）に分けて発生状況を観察することにより、ある程度推測できる場合もありますが、詳しく調べるには分析疫学的方法と呼ばれる症例対照研究（患者対照研究ともいう）や要因対照研究の手法を用いることとなります。

症例対照研究 これは、ある病気を持つ患者と、その病気は持たないが、それ以外の条件はできるだけ患者と同じような人を対照（コントロール）として選び、両者の群についていろいろな要因を比較検討する方法です。この研究は、調査の時間的關係からいうと、後向き調査（既往調

査ともいう)ということになります。

調査の結果、ある要因の出現率が対照群より患者群に高ければ、その要因が病気の発生と関係している可能性があるわけですが、この段階でそれを容疑要因とするには早過ぎるというか、十分な慎重が必要で、その要因が病気の原因ではなく結果であることもありますし、またもとと患者の人たちは対照者に比べて病気に関連する過去の要因をよく思い出したり、記憶している傾向があるため、それだけでも両群間に見かけ上の差を生じうるからです。ともかく、症例対照研究は後向き調査のため、調査に要する時間は短縮できる利点がある代わりに、調査したい要因は、記録がなければ記憶に頼らざるをえないといった欠点があります。

要因対照研究 ある要因の有無別あるいは多少別に、集団中における疾病異常の発生状況を比較検討しようというもので、要因としては前述の実態把握や症例対照研究で浮かび上がった容疑要因(例えば、肺がんにおける喫煙、高血圧における食塩など)が取り上げられることが多いのですが、疾病異常を引き起こす恐れのある要因(例えば、大気汚染、化学物質、放射線など)について直接この方法による調査を行うこともあります。

要因対照研究の本来のやり方は、ある要因を持つ集団と持たない集団、あるいはその要因を多く持つ集団と少なく持つ集団を設定して、調査開始時点に把握した集団全員を将来に向かって追

跡する前向き調査で、このような集団を固定集団（コホート）と呼びます。そして、追跡調査の期間中に発生した疾病異常の頻度をコホート間で比較検討することになります。

この方法は計画調査やコホート調査などともいわれますが、後向き調査の場合のように既存資料に頼るのではなく、自分の望む事項を調査できるのが特徴です。ただし、現実社会で集団全員を追跡調査するということは大変な努力を必要としますし、結果が出るまでに長時間かかるのが普通です。そのため、コホートを過去の時点で設定して、追跡期間を節約する方法も行われますが、この場合は後向き調査としての制約を受けることになります。

因果関係の決定（実験疫学的方法）　これまでの段階で、ある病気の発生と関連する要因が把握されたとしても、それをただちに原因と断定することはできません。因果関係を決定するには、逆も真であること、つまりその要因を与えたらその病気が発生することを証明する必要があるからです。要因対照研究はその証明のように見えますが、これはある要因をすでに持っている人たちについての研究です。

例えば、肺がんと喫煙との間に統計学的に有意な関連性が存在することは、症例対照研究と要因対照研究の両者で確認されていますが、逆も真であることを証明するためには、未喫煙群（おそらく何十万人も必要）の半数にタバコを吸わせ、他の半数には吸わせないで何年間か肺がんの

発生状況を追跡する研究が必要です。しかし、こんな方法（実験疫学的方法という）が倫理的にいつても不可能なことは当然で、いまの疫学が実施できる実験的方法は、ある要因を与えたり、除去したりすることが調査対象者の利益になる場合に限られており、これを介入研究と呼びます。

したがって、疫学研究の結果だけからある病気と要因との間の因果関係を決定することは困難といえますが、もし両者の間に統計学的に有意な関連性が存在する場合、次の五条件が満たされれば、因果関係の存在を推定してよいとされています。ただし、この五条件が満たされないからといって、因果関係を否定することにはならない点に注意する必要があります。

#### 関連の時間性

病気の発生前にその要因が作用していること。

#### 関連の一致性

同じ関連性が他のどの集団でも認められること。

#### 関連の強固性

関連の程度（相対リスク、相関係数など）が強く、量反応関係も存在すること。

#### 関連の特異性

ある要因は特定の病気のみに関連し、逆にその病気はその要因のみに関連すること。

#### 関連の整合性

その関連性に因果関係があるとした場合、既存の知識と矛盾しないこと。

#### 放射線の健康影響とは

放射線は、広義には電波や紫外線なども含みますが、ここでいう放射線とは、物質を通過する際に、その原子からマイナスの電子をはじき出す作用（電離作用という）を持つ電離放射線のこととで、X線、ガンマ線、アルファ線、ベータ線、中性子線などがあり、その種類によって生物作用も異なっています。今日の知識では、放射線の健康影響には二種類あり、一つは放射線を過剰に受けた場合に見られる身体的影響で、他の一つはその人の子孫に現れるかもしれない遺伝的影響です。母親の胎内で被ばくした胎児の場合は、遺伝的影響ではなく、身体的影響ということになります。

身体的影響は、また二つに分けられます。一つは確定的影響で、低い線量では影響が出ないが、ある線量以上になると現れる脱毛、出血、血液像の変化、不妊、白内障などです。被ばく後二〜三か月以内に出現する場合があります。いま一つは確率的影響と

いわれるもので、受けた線量が多くなるほど影響の出る確率が高くなります。これに該当するものとして、白血病を始めとする各部位のがんや遺伝的影響をあげることができます。がんの場合には、被ばく後二―三年目から一〇年以上も経過してから発症するので、晩発影響とも呼んでいきます。

放射線の健康影響を調べようとする場合、放射線に独特な健康影響があるかどうかが問題となります。このような影響を特異的影響といいますが、もし特異的影響が存在している場合、放射線被ばく者にその影響を認めれば、それは放射線に起因するものと決定できるわけです。現実には、白内障の一部を除いて、急性、晩発の両影響とも放射線の特異的影響といえるものはほとんどなく、この点は遺伝的影響についても同様といえます。

そのため、非特異的な放射線の健康影響を評価するには、被ばく者集団と対照としての非被ばく者集団における健康影響の出現率を比較検討するという疫学的方法によらざるをえないこととなります。広島、長崎の原爆被爆者の場合は、一九五〇（昭和二五）年に設定された被爆者集団（約九万三〇〇〇人）と対照非被爆者集団（約二万七〇〇〇人）を固定集団として、がんやその他の疾患による死亡と罹患の状況が追跡調査されており、白血病を始めとするその他いくつかの部位のがんや心疾患などががん以外の疾患が被爆者集団で有意に増加していることが報告されて

## 第一章 疫学の基礎

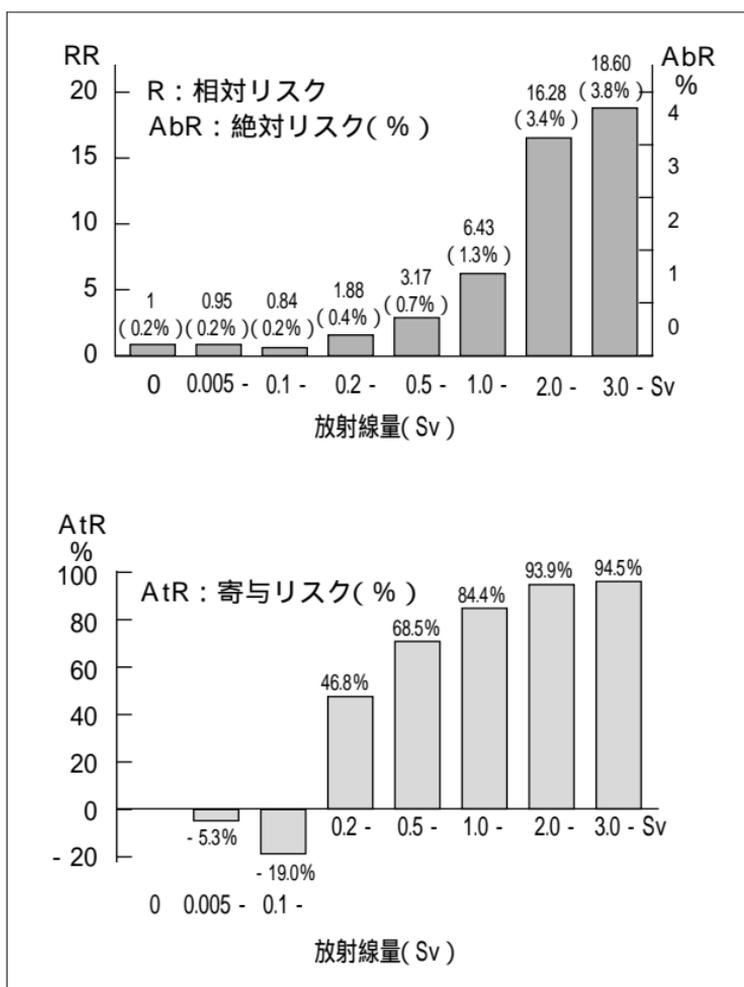


図1-1 白血病死亡の放射線量別 RR、AbR(上図)、AtR(下図)(1950~1990年、男女全年齢)

RR : 非被ばく群に対する被ばく群の死亡リスク比

AbR : 被ばく線量別死亡リスク

AtR : 被ばく群における、その被ばくに起因する死亡率

います。

その一例として、図1-11にこの報告から計算した白血病死の被ばく放射線量別相対リスク、絶対リスクと寄与リスク（それぞれの定義は図1-11の説明に記載）を示しておきます。この場合、放射線被ばくと白血病との間の因果関係については、前述した五条件のうち、第四条（関連の特異性）を除いてほぼ満足しているものと考えられます（被ばく放射線量の説明は34頁参照）。

#### まとめ

第一章で述べたのは、疫学の原則的なことが中心で実例に乏しかったため、十分にご理解いただけただろうかが心配ですが、疫学データに関する重要な三点をあげると、相互比較性（絶対値よりは相対値）、定量化（可能性ではなく蓋然性）、疫学的判断（単一データよりは総合データ）ということになります。放射線の健康影響に関する疫学データも、この原則に基づいて集められ、評価される必要があるということです。